

MODEL PEMANFAATAN SUMBER DAYA ALAM DAN ENERGI DENGAN METODE *LEAST TRIMMED SQUARED*

Harmi Sugiarti¹

¹FMIPA Universitas Terbuka, Tangerang Selatan

Email korespondensi : harmi@ut.ac.id

Abstrak

Eksplorasi sumber daya alam secara terus menerus dapat mengakibatkan berkurangnya ketersediaan sumber daya alam terutama sumber daya alam tidak terbarui, dan tidak tergantikan. Ketersediaan mineral dalam bumi, misal minyak bumi, batu bara, timah, emas, dan nikel akan menipis sebagai akibat penambangan secara besar-besaran karena pembentukan kembali mineral dalam bumi memerlukan waktu yang sangat lama. Eksploitasi mineral yang telah dilakukan selama 10 tahun terakhir dapat digunakan sebagai gambaran tentang ketersediaan sumber daya alam berupa mineral dan pengaruhnya terhadap pendapatan nasional. Penggunaan metode *Least Trimmed Squared (LTS)* dalam menaksir pola hubungan antara sumber daya alam dengan pendapatan nasional diharapkan dapat memberikan model yang sesuai dengan kondisi yang ada. Tulisan ini bertujuan untuk menentukan taksiran model pemanfaatan sumber daya alam dan energi dengan metode *LTS* serta mengkaji performa Metode *LTS* sebagai metode alternatif dalam menentukan model pemanfaatan sumber daya alam dan energi. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dari Biro Pusat Statistik (BPS) berupa hasil penambangan mineral dan pendapatan nasional.

Kata kunci: selang kepercayaan, metode *Least Trimmed Squared*

PENDAHULUAN

Sebagai salah satu faktor produksi, sumber daya alam mempunyai peranan yang sangat penting dalam pembentukan pendapatan nasional. Guna menghasilkan pendapatan nasional yang tinggi, diperlukan usaha yang maksimal untuk mengolah sumber daya alam yang ada. Dengan kata lain, keterampilan dan keahlian mengembangkan teknologi sangat diharapkan dapat mengelola sumber daya alam secara optimal sehingga menghasilkan keluaran (*output*) yang optimal juga. Penggunaan teknologi yang canggih dalam pengelolaan sumber daya alam hendaknya memperhatikan dampak dari ketersediaan sumber daya alam yang ada, mengingat eksploitasi secara terus menerus dan pengelolaan yang tidak bijaksana dapat mengakibatkan berkurangnya ketersediaan sumber daya alam terutama sumber daya alam tidak terbarui, tidak tergantikan, dan habis. Mineral merupakan salah satu jenis dari sumber daya alam dan energi yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Di Indonesia begitu banyak sumber daya mineral yang telah dimanfaatkan, misalnya batu bara yang banyak digunakan sebagai bahan bakar untuk keperluan industri dan rumah tangga, minyak bumi, besi, emas, perak, nikel, timah, dan lain-lain. Ketersediaan mineral dalam bumi akan menipis sebagai akibat penambangan secara besar-besaran karena pembentukan kembali mineral dalam bumi memerlukan waktu yang sangat lama.

Menurut Baskoro (2008), pertumbuhan ekonomi suatu negara dapat dilihat dari pendapatan nasional yaitu banyaknya barang dan jasa yang dihasilkan secara keseluruhan. Pada teori ekonomi makro, pendapatan nasional (Y) secara klasik merupakan fungsi dari pemanfaatan tenaga kerja (L), stok kapital yang tersedia (K), sumber daya alam (R), dan teknologi yang digunakan (T). Secara singkat hubungan tersebut dapat dinyatakan sebagai model $Y = f(L, K, R, T)$.

Secara parsial, pola hubungan antara pendapatan nasional (Y) dengan berbagai sumber daya alam (R) dapat dinyatakan sebagai hubungan linear $Y = f(R) + \varepsilon$ dengan ε menyatakan galat. Dengan menggunakan metode penaksiran akan diperoleh persamaan garis regresi yang menunjukkan hubungan antara pendapatan nasional dengan berbagai jenis sumber daya alam. Lebih jauh lagi, kontribusi berbagai jenis sumber daya alam dalam pembentukan pendapatan nasional dapat dilihat melalui pola hubungan yang ada.

Ada berbagai metode penaksiran model yang dapat digunakan, diantaranya adalah metode *ordinary least squared (OLS)*. Penaksir parameter yang diperoleh dengan metode *OLS* akan bersifat tak bias linear terbaik (*best linear unbiased estimator*) jika asumsi yang mendasari metode *OLS* dipenuhi. Asumsi regresi linier klasik tersebut antara lain adalah: (a) model regresi dispesifikasikan dengan benar, (b) faktor galat (*error*) menyebar normal dengan mean nol dan variansi tertentu, (c) tidak terjadi heteroskedastisitas pada ragam galat, (d) tidak terjadi multikolinieritas antara peubah bebas, (e) tidak ada autokorelasi dalam galat, dan (f) tidak ada pencilan (*outlier*). Pada dasarnya, metode ini meminimumkan jumlah kuadrat simpangan Y dari nilai harapannya $E(Y)$ yaitu meminimumkan $\varepsilon'\varepsilon = (Y - X\beta)'(Y - X\beta)$ sehingga dengan menyelesaikan persamaan normal $[X'X]\hat{\beta} = [X'Y]$ akan diperoleh penaksir *OLS* bagi β yakni $\hat{\beta} = [X'X]^{-1} [X'Y]$ (Draper & Smith, 1992).

Apabila ada penyimpangan terhadap asumsi dasar, khususnya jika model regresi dibangun dari data yang mengandung pengamatan pencilan yang berpotensi sebagai pengamatan berpengaruh, maka penggunaan metode *OLS* tidak dapat memberikan penaksir yang bersifat *best linear unbiased estimator*. Pengamatan pencilan adalah pengamatan dengan sisaan yang cukup besar, sedangkan pengamatan berpengaruh adalah pengamatan yang dapat mempengaruhi hasil pendugaan koefisien regresi, sehingga tindakan membuang pengamatan yang berpengaruh akan mengubah secara signifikan persamaan regresi serta kesimpulannya. Selain itu, penggunaan metode *OLS* dapat mengakibatkan berkurangnya ketelitian dalam pendugaan selang bagi koefisien garis regresi, sementara tindakan membuang atau mengabaikan pengamatan pencilan yang berpotensi sebagai pengamatan berpengaruh bukanlah prosedur yang bijaksana. Pengamatan pencilan adakalanya memberikan informasi yang cukup berarti, misalnya karena pencilan timbul dari kombinasi keadaan yang tidak biasa yang mungkin saja sangat penting dan perlu diselidiki lebih lanjut (Draper & Smith, 1992).

Adanya pengamatan pencilan terhadap nilai-nilai X nya dapat diperiksa dengan melihat matriks dugaan (*hat matrix*) yang didefinisikan sebagai: $H = X(X'X)^{-1}X'$. Unsur ke- i pada diagonal utama matriks dugaan yakni h_{ii} biasanya dinamakan pengaruh (*leverage*) kasus ke- i yang dapat diperoleh dari $h_{ii} = \underline{x}_i' [X'X]^{-1} \underline{x}_i$, dimana \underline{x}_i' adalah vektor baris ke- i dari matriks X . Nilai h_{ii} terletak antara 0 dan 1 dan $\sum_{i=1}^n h_{ii} = p$, yaitu banyaknya parameter regresi. Nilai *leverage* h_{ii} yang besar menunjukkan bahwa pengamatan ke- i berada jauh dari pusat semua pengamatan X . Suatu nilai *leverage* h_{ii} biasanya dianggap besar apabila nilainya lebih dari dua kali rata-rata semua *leverage* ($2p/n$). Pada

dasarnya nilai h_{ii} yang semakin besar menunjukkan semakin besar potensinya berpengaruh dalam pendugaan parameter regresi. Dalam Myers (1990), adanya pengamatan yang berpengaruh, dapat diperiksa dengan nilai perbedaan dugaan peubah tak bebas terbakukan (*DFFITs*) yang dirumuskan sebagai: $(DFFITs)_i = \frac{\hat{y}_i - \hat{y}_{i,-i}}{s_{-i} \sqrt{h_{ii}}}$ dengan \hat{y}_i = nilai pendugaan y_i , $\hat{y}_{i,-i}$ = nilai pendugaan y_i tanpa pengamatan ke- i , s_{-i} = dugaan simpangan baku tanpa pengamatan ke- i dan h_{ii} = unsur ke- i dari diagonal matriks dugaan. Jika p menyatakan banyaknya parameter dan n menyatakan banyaknya pengamatan, maka suatu pengamatan akan merupakan pengamatan berpengaruh dalam persamaan regresi apabila mempunyai nilai $|DFFITs|_i > 2\sqrt{(p/n)}$ (Myers, 1990).

Guna mengatasi kelemahan dari metode *OLS*, dicoba metode lain yang bersifat tidak sensitif terhadap pelanggaran asumsi-asumsi, yaitu metode regresi *robust* (*robust regression*). Beberapa metode penaksiran koefisien garis regresi yang bersifat *robust* telah dikembangkan, diantaranya adalah metode *least trimmed squared* (*LTS*). Sebagai metode alternatif, metode *LTS* merupakan metode *robust*. Penduga *LTS* diperoleh dengan mencari model regresi yang meminimumkan jumlah h kuadrat sisaan (e_i^2) atau didefinisikan sebagai $\hat{\beta}_{LTS} = \min_{\beta} \sum_i^h (e_i^2)_{i:n}$ dengan $h = [(n + p + 1)/2]$ dan $(e_i^2)_{i:n}$ adalah kuadrat sisaan yang terurut. Menurut Rousseeuw dan Leroy (2003), langkah-langkah untuk mendapatkan penduga *LTS* adalah: (1) menghitung taksiran koefisien garis regresi ($\hat{\beta}_{lama}$) dari model $y_i = x_i' \beta + \varepsilon_i$ untuk n data dengan metode *OLS*, (2) menghitung n residual $e_i = y_i - x_i' \hat{\beta}_{lama}$, (3) mengurutkan data $|e_{i:n}|$; $i = 1, 2, \dots, n$, (4) menentukan $h = [(n + p + 1)/2]$ data sebagai sub sampel dengan $|e_{i:h}|$; $i = 1, 2, \dots, h$ terkecil, (5) menghitung jumlah kuadrat yang bersesuaian untuk sub sampel $JK^{(1)} = \sum_{i=1}^h e_{i:n}^2$, (6) menghitung taksiran koefisien garis regresi ($\hat{\beta}_{baru}$) berdasarkan $h = [(n + p + 1)/2]$ data, (7) menghitung h residual $e_i = y_i - x_i' \hat{\beta}_{baru}$, (8) mengurutkan data $|e_{i:h}|$; $i = 1, 2, \dots, h$, (9) menentukan $h_0 = [(h + p + 1)/2]$ data sebagai sub sampel dengan $|e_{i:h_0}|$; $i = 1, 2, \dots, h_0$ terkecil, (10) menghitung jumlah kuadrat yang bersesuaian untuk sub sampel $JK^{(2)} = \sum_{i=1}^{h_0} e_{i:h}^2$, (11) ulangi langkah 1 sampai dengan 5 sedemikian sehingga diperoleh nilai $JK^{(j)}$ minimum dan penduga *LTS* adalah $\hat{\beta}^{(j)}$ dengan $JK^{(j)}$ minimum. Tulisan ini bertujuan untuk menentukan taksiran model pemanfaatan sumber daya alam dan energi dengan metode *LTS* serta mengkaji performa metode *LTS* sebagai metode alternatif dalam menentukan model pemanfaatan sumber daya alam dan energi.

METODE

Dalam kajian ini menggunakan data sekunder dari Biro Pusat Statistik (BPS) berupa pendapatan nasional dan jumlah penambangan mineral (batu bara, bauksit, dan bijih besi) tahun 1996 sampai dengan tahun 2008. Adapun langkah-langkah yang dilakukan adalah: (1) menentukan taksiran model pemanfaatan sumber daya alam dan energi dengan metode *OLS*, (2) menentukan taksiran model pemanfaatan sumber daya alam dan energi dengan metode *LTS*, dan (3) membandingkan performa metode *LTS* dengan metode *OLS*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data pendapatan nasional dan hasil penambangan mineral mulai tahun 1996 sampai dengan tahun 2008, metode *OLS* memberikan taksiran model linear untuk pendapatan nasional (dalam rupiah) dan produksi batu bara (dalam ton) yaitu $\text{Pendapatan} = -1522989 + 0,0940 \text{ Batubara}$. Selain itu, metode *OLS* memberikan koefisien determinasi $R^2 = 90,1\%$ artinya persamaan garis regresi linear yang diperoleh dapat menjelaskan 90,1% dari variansi total dalam data, hasil analisis regresi dan plot antara pendapatan nasional dan produksi batu bara secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Metode OLS untuk Pendapatan Nasional dan Produksi Batubara

The regression equation is

Pendapatan (rupiah) = - 1522989 + 0,0940 Batubara (ton)

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-1522989	1104292	-1,38	0,195
Batubara	0,094046	0,009401	10,00	0,000

S = 1636111 R-Sq = 90,1% R-Sq(adj) = 89,2%

Analysis of Variance

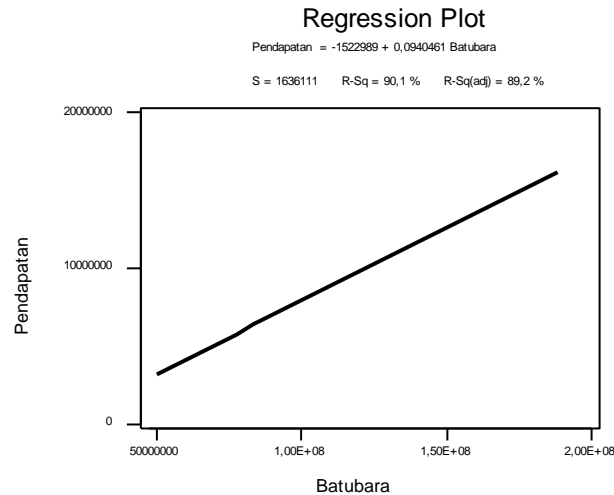
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	2,67906E+14	2,67906E+14	100,08	0,000
Residual Error	11	2,94455E+13	2,67686E+12		
Total	12	2,97351E+14			

Unusual Observations

Obs	Batubara	Pendapatan	Fit	SE Fit	Residual	St
Resid						
13	178930188	19141673	15304694	813621	3836979	2,70R

R denotes an observation with a large standardized residual

Durbin-Watson statistic = 1,16



Selain itu, hasil analisis regresi menunjukkan bahwa ada satu pengamatan pencilan yaitu pengamatan ke tiga belas, sehingga perlu dilakukan penaksiran persamaan regresi menggunakan metode *LTS*. Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa metode *LTS* memberikan taksiran model linear untuk pendapatan nasional dan produksi batu bara sebagai $\text{Pendapatan} = -952475,5 + 0,0834 \text{ Batubara}$. Persamaan garis regresi linear yang diperoleh dapat menjelaskan 94,7% dari variansi total dalam data, sehingga pada kasus data mengandung pengamatan pencilan yang berpengaruh, metode *LTS* memberikan taksiran model linear yang lebih sesuai dibanding metode *OLS*. Hasil ini sejalan dengan hasil kajian sebelumnya yang menunjukkan bahwa pada data yang mengandung pencilan, metode *LTS* mempunyai kemampuan yang berbeda dengan metode *OLS* dalam menaksir koefisien garis regresi, tetapi tidak jauh berbeda dengan metode robust lainnya (metode *M* dan metode *LMS*) dalam menaksir koefisien garis regresi Sugiarti (2011).

Tabel 2. Metode *LTS* untuk Pendapatan Nasional dan Produksi Batubara

```
*** Robust LTS Linear Regression ***

Coefficients:
  Intercept      Batubara
-952475.4589      0.0834

Scale estimate of residuals: 1017000
Robust Multiple R-Squared: 0.9469
Total number of observations: 13
```

Selanjutnya, berdasarkan hasil pemilihan model terbaik menggunakan kriteria *best subsets regression*, metode *OLS* memberikan taksiran model linear untuk pendapatan nasional (dalam rupiah), produksi batubara (dalam ton), dan produksi biji besi (dalam ton) sebagai $\text{Pendapatan} = -1388223 + 0,0861 \text{ Batubara} + 1,16 \text{ Biji Besi}$. Selain itu, metode *OLS* memberikan koefisien determinasi $R^2 = 96,9\%$ artinya persamaan garis regresi linear yang diperoleh dapat menjelaskan 96,9% dari variansi total dalam data, hasil analisis regresi antara pendapatan nasional, produksi batubara, dan produksi biji besi secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Metode *OLS* untuk Pendapatan Nasional, Produksi Batubara, dan Produksi Biji Besi

The regression equation is

Pendapatan (rupiah) = - 1388223 + 0,0861 Batubara (ton) + 1,16 Biji Besi (ton)

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	-1388223	651189	-2,13	0,059	
Batubara	0,086068	0,005797	14,85	0,000	1,1
Biji Besi	1,1630	0,2497	4,66	0,001	1,1

S = 963844 R-Sq = 96,9% R-Sq(adj) = 96,3%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	2,88061E+14	1,44031E+14	155,04	0,000
Residual Error	10	9,28995E+12	9,28995E+11		
Total	12	2,97351E+14			

Source	DF	Seq SS
Batubara	1	2,67906E+14
Biji Besi	1	2,01555E+13

Unusual Observations

Obs	Batubara	Pendapat	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
6	71072961	7067931	5241370	333990	1826560	2,02R
13	178930188	19141673	19193284	962648	-51611	-1,08 X

R denotes an observation with a large standardized residual

X denotes an observation whose X value gives it large influence.

Pada Tabel 3 dapat dilihat ada dua pengamatan pencilan dan satu diantaranya merupakan pengamatan pencilan yang berpengaruh terhadap taksiran persamaan garis regresi, sehingga dengan menggunakan metode *LTS* diperoleh taksiran persamaan garis regresi untuk pendapatan nasional, produksi batubara, dan produksi biji besi sebagai $\text{Pendapatan} = -2176697 + 0,0906 \text{ Batubara} + 1,15 \text{ Biji Besi}$ sebagaimana disajikan dalam Tabel 4. Persamaan garis regresi linear yang diperoleh dapat menjelaskan 97,6% dari variansi total dalam data, sehingga pada kasus data mengandung pengamatan pencilan yang berpengaruh, metode *LTS* memberikan taksiran model linear yang sedikit lebih sesuai dibanding metode *OLS*.

Tabel 4. Metode *LTS* untuk Pendapatan Nasional, Produksi Batubara, dan Produksi Biji Besi

*** Robust LTS Linear Regression ***

Coefficients:

Intercept	Batubara	BijiBesi
-2176697.1789	0.0906	1.1526

Scale estimate of residuals: 578800

Robust Multiple R-Squared: 0.9762

Total number of observations: 13

KESIMPULAN

Metode *LTS* memberikan taksiran untuk model pemanfaatan sumber daya alam dan energi sebagai $\text{Pendapatan} = -2176697 + 0,0906 \text{ Batubara} + 1,15 \text{ Biji Besi}$. Performa metode *LTS* sedikit lebih baik dibanding metode *OLS* dalam menentukan model pemanfaatan sumber daya alam dan energi jika data mengandung pencilan. Kajian lebih lanjut terhadap model masih diperlukan berkaitan dengan distribusi dari koefisien garis yang diperoleh dan data yang bersifat runtun waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- Baskoro. (2008). Pengantar Ekonomi Lingkungan. Jakarta: Universitas Terbuka
- Draper, N.R. & Smith, H. (1981). Applied regression analysis. 2nd ed. New York: Wiley.
- Myers, R.H. (1990). Classical and modern regression with applications. 2nd ed. Boston: PWS- Kent.
- Rousseeuw, P.J. & Leroy, A.M. (2003). Robust regression and *outlier* detection. New York: Wiley.
- Sugiarti, H. & Megawarni, A. (2011). Kemampuan Metode *Least Trimmed Squared* sebagai Metode Alternatif dalam Menaksir Koefisien Garis Regresi. Seminar Hasil Penelitian FMIPA Universitas Terbuka pada tanggal 21 Desember 2011.